پژوهشگاه بین‌المللی زلزله‌شناسی و مهندسی زلزله

پایان نامه کارشناسی ارشد

مهندسی عمران- مهندسی زلزله

تاثیر عدم قطعیت ها در مطالعه ی موردی سد خاکی گتوند به روش مونت کارلو

دانشجو

محمد مقدری پور

استاد راهنما

دکتر فرج الله عسکری

۱۳۹۰

بسم الله الرحمن الرحيم

تقدیم به:

پدر ومادرم

از تمامی زحمات استاد ارجمندم، جناب آقای دکتر فرج الله عسکری که در تمامی مراحل انجام این تحقیق با راهنمایی‌ها، کمکها و تشویق‌های خویش من را راهنمایی و یاری نموده-اند تشکر میکنم.

بهترین آرزوها را برای ایشان آرزومندم

اعضاء هیئت داوران:

استاد راهنما دکتر فرج الله عسکری	**امضاء**
استاد مشاور دکتر علی شفیعی	**امضاء**
استاد مدعو (خارجی) دکتر ایرج رحمانی	**امضاء**
استاد مدعو(داخلی) دکتر محسن کمالیان	**امضاء**
مدیر تحصیلات تکمیلی دکتر محمد داوودی	**امضاء**

چکیده

در مسائل ژئوتکنیک ، نامعینی و تغییر پذیری ذاتی در پارامترهای مقاومتی خاک به شکل محسوس دیده می‌شود. علاوه بر این سایر خطاها نظیر خطاهای اندازه گیری و تقریب در مدل، باعث ایجاد خطای غیر قابل اجتناب در مسائل ژئوتکنیک می شود. در مورد پایداری شیروانی‌ها که از جمله مسائل مهم ژئوتکنیکی است نیز موارد ذکر شده وارد است. با توجه به طبیعت تغییر ناپذیر و نامعینی در مساله ی پایداری شیروانی ها، بحث تحلیل احتمالتی مفهوم پیدا می‌کند. در روش شبیه سازی مونت کارلو که روشی احتمالاتی است، برای پارامترهای ورودی تغییر پذیر که در این تحقیق چسبندگی، زاویه ی اصطکاک داخلی، وزن مخصوص و ضریب شبه استاتیکی است ، تابع توزیع احتمال در نظر گرفته می شود و با نمونه گیری تصادفی از این توابع توزیع، ضریب اطمینان در دفعات بسیار محاسبه می شود و در نهایت یک تابع توزیع احتمال برای ضریب اطمینان بدست می آید. در تحقیق موجود، سد خاکی گتوند به عنوان نمونه ی مورد مطالعه برای استفاده از این روش در نظر گرفته شده است.

تابع توزیع احتمال برای پارامترهای ورودی به صورت نرمال در نظر گرفته شده است. در بدست آوردن تابع توزیع احتمال ضریب اطمینان، دو حالت در نظر گرفته شده است. در حالت اول سطح گسیختگی شیروانی در تحلیل ثابت در نظر گرفته شده و در این حالت خاص تابع توزیع احتمال مربوط به ضریب اطمینان محاسبه و احتمال گسیختگی و شاخص اعتمادپذیری برای حالات پایان ساخت و شرایط استاتیکی ، پایان ساخت-آبگیری سریع و شرایط استاتیکی، تراوش پایدار در شرایط استاتیکی، پایان ساخت در شرایط شبه استاتیکی و تراوش پایدار در شرایط شبه استاتیکی محاسبه شده است. در حالت دوم سطح گسیختگی شیروانی در تحلیل متغیر در نظر گرفته شده و این بار نیز مانند حالت قبل، تابع توزیع احتمال مربوط به ضریب اطمینان محاسبه و احتمال گسیختگی و شاخص اعتمادپذیری برای دو حالت بلافاصله بعد پایان ساخت در شرایط شبه استاتیکی و تراوش پایدار در شرایط شبه استاتیکی محاسبه شده و با هم مقایسه می شود. نتایج در تحلیل به روش قطعی با توجه به اینکه ضریب اطمینان از یک بزرگتر است، نشان از پایدار بودن سد دارد در حالی که نتایج در تحلیل احتمالاتی، حاکی از اطمینان پذیری کمتر در مورد سد می باشد.

واژه های کلیدی:

تغییر پذیری ذاتی، انواع خطاها، روش شبیه سازی مونت کارلو، سد خاکی گتوند، اطمینان پذیری

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

چکیده

فصل ۱

۱-۱- مقدمه .....۱.....

۱-۲- تعریف مسئله و ضرورت آن: .....۲.....

۱-۳- تعریف ها و مفاهیم کلی قابلیت اطمینان[۱]: .....۳.....

۱-۴- ساختار تحقیق : .....۶.....

فصل ۲

۲-۱- مقدمه: .....۹.....

۲-۲ مقدمه ای بر مبانی آمار و احتمال: .....۹.....

۲-۲-۱- آزمایش تصادفی[۴]: .....۹.....

۲-۲-۲- تابع توزیع احتمال: .....۱۰.....

۲-۲-۳- ویژگی های تابع توزیع: .....۱۰.....

۲-۲-۴- تابع چگالی احتمال: .....۱۱.....

۲-۲-۵- امید ریاضی: .....۱۱.....

۲-۲-۶- تعریف واریانس: .....۱۱.....

۲-۲-۷- انحراف معیار: .....۱۲.....

۲-۲-۸- تابع توزیع نرمال: .....۱۲.....

۲-۲-۹- ضریب تغییرات [۵]: .....۱۳.....

۲-۳- روش شبیه سازی مونت کارلو .....۱۳.....

۲-۴- احتمال گسیختگی: .....۱۹.....

۲-۵- شاخص اعتمادپذیری : .....۱۹.....

۲-۶- مقادیر مجاز در احتمال گسیختگی و شاخص اعتمادپذیری: .....۲۰.....

۲-۷- منابع نامعینی و خطا در مهندسی ژئوتکنیک: .....۲۰.....

فصل ۳

۳-۱- روش تنش مجاز: ۲۵
۳-۲- طراحی بر اساس ضرایب بار و مقاومت ۲۸
۳-۳- طراحی بر اساس قابلیت اطمینان: ۳۰

فصل ۴

۴-۱- مقدمه: ۳۴
۴-۲- کلیات در سدهای خاکی ۳۴
۴-۳- معرفی سد خاکی گتوند: ۳۵
۴-۳-۱- وضعیت توپوگرافی ساختگاه سد: ۳۶
۴-۳-۲- شرایط ژئوتکنیکی پی و تکیه‌گاه ها: ۳۶
۴-۳-۳- پی هسته ناتروا (کف هسته) ۳۷
۴-۳-۴- هسته مرکزی قائم ۳۷
۴-۳-۵- رس تماسی ۳۸
۴-۳-۶- پوسته های سنگریزه‌ای بالادست و پائین‌دست : ۳۸
۴-۳-۷- فیلترها و لایه‌های انتقالی بالادست و پائین دست هسته ۴۰
۴-۳-۸- پتوی فیلتر پائین دست ۴۱
۴-۴- تحلیل های پایداری سد خاکی گتوند: ۴۱
۴-۴-۱- عوامل و نیروهای موثر در تحلیل‌های پایداری: ۴۲
۴-۴-۲- پارامترهای مقاومتی مصالح پی و بدنه سد: ۴۲
۴-۴-۳ نتایج تحلیل های پایداری: ۴۳
۴-۵- چگونگی تحلیل عدم قطعیت سد گتوند به روش مونت کارلو: ۴۶
۴-۵-۱- چگونگی کمی سازی عدم قطعیت در خواص خاک : ۴۷
۴-۵-۲- چگونگی کمی سازی عدم قطعیت در ضریب شبه استاتیکی: ۵۲
۴-۶- نتایج تحلیل مونت کارلو در سد گتوند : ۵۴
۴-۶-۱- حالت پایان ساخت و شرایط استاتیکی: ۵۶
۴-۶-۲- حالت پایان ساخت-آبگیری سریع و شرایط استاتیکی: ۵۷
۴-۶-۳- حالت تراوش پایدار در شرایط استاتیکی: ۵۸
۴-۶-۴- حالت پایان ساخت در شرایط شبه استاتیکی: ۵۹
۴-۶-۵- حالت تراوش پایدار در شرایط شبه استاتیکی: ۶۰
۴-۶-۶- نتیجه گیری: ۶۰
۴-۷- برآورد حداقل شاخص اعتمادپذیری در سد خاکی گتوند: ۶۳
۴-۷-۱- حالت پایان ساخت و شرایط استاتیکی: ۶۴
۴-۷-۲- حالت پایان ساخت-آبگیری سریع و شرایط استاتیکی: ۶۷
۴-۷-۳- حالت تراوش پایدار در شرایط استاتیکی: ۷۰

۴-۷-۴- حالت پایان ساخت در شرایط شبه استاتیکی: ۷۳
۴-۷-۵- حالت تراوش پایدار در شرایط شبه استاتیکی: ۷۶
۴-۷-۶- نتیجه گیری: ۷۹
۴-۸- برآورد قابلیت اطمینان سد گتوند با مستقل کردن نتایج از سطح گسیختگی: ۷۹
۴-۸-۱- حالت تراوش پایدار و شرایط شبه استاتیکی: ۸۰
۴-۸-۲- حالت پایان ساخت در شرایط شبه استاتیکی: ۸۸
۴-۸-۳- نتیجه گیری: ۹۰

فصل ۵

۵-۱- مقدمه: ۹۲
۵-۲- نتیجه گیری و جمع بندی: ۹۲
۵-۳- پیشنهادات: ۹۳

پیوست ها

پ-۱-۱- مقدمه: ۹۸
پ-۱-۲- روش های محاسبه ی پایداری شیب ها: ۹۸
پ-۲-۱- آنالیز حرکت آب در خاک در سد خاکی گتوند با استفاده از برنامه ی SEEP/W[10]: ۱۰۸
پ-۲-۲- آنالیز پایداری شیب در سد خاکی گتوند با استفاده از برنامه ی SLOPE/W [7]: ۱۱۴

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱ مقادیر قطعی بار و مقاومت ۴
شکل ۱-۲ مقدار احتمالی بار همراه مقدار قطعی مقاومت ۵
شکل ۱-۳ مقادیر احتمالی بار و مقاومت ۶
شکل ۲-۱ الف)تابع توزیع نرمال ب)تابع چگالی نرمال ۱۳
شکل ۲-۲ تیر دوسر ساده در معرض بار گسترده ی w و بار متمرکز P ۱۴
شکل ۲-۳ پروسه گرافیکی تبدیل اعداد تولید شده با توزیع یکنواخت به اعداد تصادفی با سایر توزیع‌ها ۱۶
شکل ۲-۴ نمودار تابع توزیع احتمال ۱۹
شکل ۲-۵ مقادیر مجاز احتمال گسیختگی و شاخص اعتمادپذیری ۲۰
شکل ۲-۶ منابع خطا و عدم قطعیت در خصوصیات خاک ۲۲
شکل ۳-۱ توزیع بار و مقاوت ۲۶
شکل ۳-۲ سه مسئلهی ژئوتکنیکی با میانگین ضریب اطمینان مشابه و احتمال گسیختگی متفاوت ۲۸
شکل ۴-۱ نمای کلی سد گتوند ۳۹
شکل ۴-۲ سطح گسیختگی و ضریب اطمینان بحرانی در حالت پایان ساخت و شرایط استاتیکی ۴۴
شکل ۴-۳ سطح گسیختگی و ضریب اطمینان بحرانی در حالت پایان ساخت-آبگیری سریع و شرایط استاتیکی ۴۴
شکل ۴-۴ سطح گسیختگی و ضریب اطمینان بحرانی در حالت تراوش پایدار در شرایط استاتیکی ۴۵
شکل ۴-۵ سطح گسیختگی و ضریب اطمینان بحرانی در حالت پایان ساخت و شرایط شبه استاتیک ۴۶
شکل ۴-۶ سطح گسیختگی و ضریب اطمینان بحرانی در حالت تراوش پایدار و شرایط شبه استاتیکی ۵۱
شکل ۴-۷ تابع توزیع نرمال ۵۳
شکل ۴-۸ تعداد تحلیل در مقابل شاخص اعتمادپذیری و احتمال گسیختگی ۵۵
شکل ۴-۹ سطح گسیختگی بحرانی در حالت پایان ساخت و شرایط استاتیکی ۵۶
شکل ۴-۱۰ سطح گسیختگی بحرانی در حالت پایان ساخت-آبگیری سریع و شرایط استاتیکی ۵۷
شکل ۴-۱۱ سطح گسیختگی بحرانی در حالت تراوش پایدار در شرایط استاتیک ۵۸
شکل ۴-۱۲ سطح گسیختگی بحرانی در حالت پایان ساخت در شرایط شبه استاتیکی ۸۴
شکل ۴-۱۳ سطح گسیختگی بحرانی در حالت تراوش پایدار در شرایط شبه استاتیکی ۵۹
شکل ۴-۱۴ شاخص اعتمادپذیری در مقابل ضریب اطمینان به ازای حالات مختلف تحلیل ۶۰
شکل ۴-۱۵ نمایی از ۶ سطح لغزش در حالت پایان ساخت و شرایط استاتیکی ۶۳
شکل ۴-۱۶ نمایی از ۶ سطح بحرانی در حالت پایان ساخت و آبگیری سریع در حالت تحلیل استاتیکی ۶۵
شکل ۴-۱۷ نمایی از ۶ سطح بحرانی در حالت تراوش پایدار در حالت تحلیل استاتیکی ۷۱
شکل ۴-۱۸ نمایی از ۶ سطح بحرانی در حالت پایان ساخت در شرایط شبه استاتیکی ۷۴

شکل ۴-۱۹ نمایی از ۵ سطح بحرانی در حالت تراوش پایدار در شرایط شبه استاتیکی ۷۷
شکل ۴-۲۰ نمودار تابع چگالی نرمال و تابع توزیع نرمال ضریب اطمینان به ازای ۱۰۰ گروه اعداد تصادفی ۸۱
شکل ۴-۲۱ نمودار تابع چگالی نرمال و تابع توزیع نرمال ضریب اطمینان به ازای ۲۰۰ گروه اعداد تصادفی ۸۲
شکل ۴-۲۲ نمودار تابع چگالی نرمال و تابع توزیع نرمال ضریب اطمینان به ازای ۳۰۰ گروه اعداد تصادفی ۸۳
شکل ۴-۲۳ نمودار تابع چگالی نرمال و تابع توزیع نرمال ضریب اطمینان به ازای ۴۰۰ گروه اعداد تصادفی ۸۴
شکل ۴-۲۴ نمودار تابع چگالی نرمال و تابع توزیع نرمال ضریب اطمینان به ازای ۵۰۰ گروه اعداد تصادفی ۸۵
شکل ۴-۲۵ مقایسه ی شاخص اعتمادپذیری در تحلیل مونت کارلو در دو حالت سطح گسیختگی ثابت و سطح گسیختگی متغییر برای حالت تراوش پایدار و شرایط شبه استاتیکی ۸۷
شکل ۴-۲۶ مقایسه ی احتمال گسیختگی در تحلیل مونت کارلو در دو حالت سطح گسیختگی ثابت و سطح گسیختگی متغییر برای حالت تراوش پایدار و شرایط شبه استاتیکی ۸۷
شکل ۴-۲۷ مقایسه شاخص اعتمادپذیری در تحلیل مونت کارلو در دو حالت سطح گسیختگی ثابت و سطح گسیختگی متغییر برای حالت پایان ساخت در شرایط شبه استاتیکی ۸۹
شکل ۴-۲۸ مقایسه احتمال گسیختگی در تحلیل مونت کارلو در دو حالت سطح گسیختگی ثابت و سطح گسیختگی متغییر برای حالت پایان ساخت در شرایط شبه استاتیکی ۸۹

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- ۲۰ عدد تصادفی با توزیع یکنواخت بین ۰ و ۱ ۱۶

جدول ۲-۲ اعداد تصادفی با توزیع یکنواخت بین ۱۰ و۲۰ برای P و اعداد تصادفی با میانگین ۲ و انحراف معیار ۰/۲ برای w در تیر شکل ۲-۲ ۱۸

جدول ۴-۱ حداقل ضریب اطمینان قابل قبول در تحلیل پایداری سد خاکی ۳۵

جدول ۴-۲ مشخصات در نظر گرفته شده با توجه به گزارش میانکار سد ۴۳

جدول ۴-۳ ضریب تغییرات ذاتی زاویه ی اصطکاک داخلی، تانژانت زاویه ی اصطکاک داخلی و چسبندگی ۴۹

جدول ۴-۴ ضریب تغییرات ذاتی برای رطوبت طبیعی، وزن مخصوص طبیعی(γ)، وزن مخصوص خشک (γd)، وزن مخصوص در حالت غوطه ور (γb)، تراکم نسبی (Dr)، چگالی دانه ها(Gs) ، و درجه ی اشباع ۵۰

جدول ۴-۵ ضریب تغییرات c، φ و γ در سد گتوند (٪) ۵۰

جدول ۴-۶ انحراف معیار و مقدار میانگین مصالح سد ۵۱

جدول ۴-۷ مقدار شتاب مولفه ی افقی در منطقه سد گتوند ۵۲

جدول ۴-۸ محاسبه ی شاخص اعتمادپذیری و احتمال گسیختگی به ازای تعداد تحلیل های مختلف برای حالت پایان ساخت و شرایط شبه استاتیکی ۵۴

جدول ۴-۹ اطلاعات مربوط به تحلیل مونت کارلو برای سطح گسیختگی بحرانی در حالت پایان ساخت استاتیکی به دو روش مورگنسترن پرایس و بیشاپ ۵۶

جدول ۴-۱۰ اطلاعات مربوط به تحلیل مونت کارلو برای سطح گسیختگی بحرانی در حالت پایان ساخت-آبگیری سریع و شرایط استاتیکی به دو روش مورگنسترن پرایس و بیشاپ ۵۷

جدول ۴-۱۱ اطلاعات مربوط به تحلیل مونت کارلو برای سطح گسیختگی بحرانی در حالت تراوش پایدار در شرایط استاتیکی به دو روش مورگنسترن پرایس و بیشاپ ۵۸

جدول ۴-۱۲ اطلاعات مربوط به تحلیل مونت کارلو برای سطح گسیختگی بحرانی در حالت پایان ساخت در شرایط شبه استاتیکی به دو روش مورگنسترن پرایس و بیشاپ ۵۹

جدول ۴-۱۳ اطلاعات مربوط به تحلیل مونت کارلو برای سطح گسیختگی بحرانی در حالت تراوش پایدار در شرایط شبه استاتیکی به دو روش مورگنسترن پرایس و بیشاپ ۶۰

جدول ۴-۱۴ نتایج تحلیل مونت کارلو به ازای سطح لغزش بحرانی سد در حالات مختلف ۶۲

جدول ۴-۱۵ نتایج تحلیل مونت کارلو برای سطوح لغزش مختلف برای حالت پایان ساخت و شرایط استاتیکی ۶۶

جدول ۴-۱۶ نتایج تحلیل مونت کارلو برای سطوح لغزش مختلف برای حالت پایان ساخت-آبگیری سریع و شرایط استاتیکی ۶۹

جدول ۴-۱۷ نتایج تحلیل مونت کارلو برای سطوح لغزش مختلف برای حالت تراوش پایدار در شرایط استاتیکی ۷۲

جدول ۴-۱۸ نتایج تحلیل مونت کارلو برای سطوح لغزش مختلف در حالت پایان ساخت در شرایط شبه استاتیک ۷۵

جدول ۴-۱۹ نتایج تحلیل مونت کارلو برای سطوح لغزش مختلف برای حالت تراوش پایدار در شرایط شبه استاتیکی ۷۸
جدول ۴-۲۰- نتایج برآورد قابلیت اطمینان سد در شرایط مستقل از سطح گسیختگی در حالت تراوش پایدار –شبه استاتیکی ۸۶
جدول ۴-۲۱ مقایسه ی نتایج تحلیل مونت کارلو سطح گسیختگی ثابت و سطح گسیختگی متغییر در حالت تراوش پایدار و شرایط شبه استاتیکی ۸۶
جدول ۴-۲۲ مقایسه ی نتایج تحلیل مونت کارلو سطح گسیختگی ثابت و سطح گسیختگی متغییر در حالت پایان ساخت در شرایط شبه استاتیکی ۸۸

فصل اول

مقدمه و کلیات

۱ ـ ۱ – مقدمه

در هر جامعه مدرن، مهندسان و مدیران فنی مسئول برنامه ریزی، طراحی، ساخت و بهره برداری از ساده ترین محصول تا پیچیده ترین سیستمها هستند. از کار افتادن محصول ها و سیستمها موجب وقوع اختلال در سطوح مختلف می شود و می تواند حتی به عنوان تهدیدی شدید برای جامعه و محیط زیست تلقی شود. از این رو مصرف کنندگان و بطور کلی مردم جامعه انتظار دارند که محصولات و سیستمها، اطمینان بخش و ایمن باشند. بنابراین به عنوان پرسش اساسی چنین مطرح است که قابلیت اطمینان سیستم در طول عمر کاری آینده اش چه میزانی است و ایمنی آن چقدر است؟ این پرسشی است که بخش هایی از آن را می‌توان با ارزیابی قابلیت اطمینان پاسخ گفت.

شیوه های ارزیابی قابلیت اطمینان از نظر تاریخچه ی پیدایش، بدواً در ارتباط با صنایع هوا فضا و کاربرد های نظامی شکل گرفت، ولی سریعا توسط سایر صنایع هسته ای که تحت فشار شدیدی جهت تضمین ایمنی و قابلیت اطمینان راکتورهای هسته ای در تامین انرژی الکتریکی می باشند و یا صنایع فرایندهای پیوسته مانند صنایع فولاد و صنایع شیمیایی که هر ساعت از توقف کارکرد آنها به علت وقوع معایب می تواند موجب تحمیل خسارتهای بزرگ مالی و جانی و آلودگی محیط زیست شود مورد توجه و کاربرد قرار گرفت.

لازم به تذکر است که در تمام این زمینه ها شاهد وقوع مسائل و مشکلات شدیدی در سالهای اخیر بوده ایم. از جمله در صنایع هوا-فضا در سال ۱۹۸۶ حادثه ای که برای فضاپیمای چلنجر پیش آمد و همچنین حادثه های دیگری مربوط به برخی هواپیماهای تجاری و مسافری. در صنایع هسته ای، حادثه های نیروگاه چرنوبیل در سال ۱۹۸۶، سووسو در سال ۱۹۷۶، و بسیاری از حوادث دیگر که در تمام این رخداد ها خسارتهای چشمگیر و شدیدی بر جامعه و محیط زیست تحمیل شد.این رخداد ها فشار فزاینده ای برای لزوم توجه به ارزیابی قابلیت اطمینان، ایمنی و احتمال خطر ایجاد کرده است.

این رخدادها، فشار فزاینده ای برای لزوم توجه به ارزیابی قابلیت اطمینان، ایمنی و احتمال خطر ایجاد کرده است. شیوه های ارزیابی قابلیت اطمینان اصولاً بر محور ارزیابی احتمال خطر استوار است.

قابلیت اطمینان بحث چندان جدیدی نیست. سابق بر این قابلیت اطمینان بر مبنای تحلیلهای کیفی از سوابق و تجربیات در طراحی و بهره برداری حاصل می شد، ولی این روش همیشه به عنوان قضاوت مهندسی مورد تردید و غیر قابل اتکا و نامناسب بوده است. قابلیت اطمینان یک مشخصه ی ذاتی از هر محصول است و لذا یکی از پارمترهای طراحی محسوب می شود که همواره باید در فرایند طراحی به عنوان یکی از معیارهای مهم مورد توجه قرار گیرد. بنابراین برای حصول این امر نیاز به کمیت سنجی قابلیت اطمینان است.[۱]

۱ ۲ – تعریف مسئله و ضرورت آن:

در دنیای پیشرفته ی امروز، انتظار میرود که همه ی سیستم های مهندسی، ضمن در نظر داشتن کلیه ی مخاطراتی که سیستم را تهدید می کند، در طول عمر مفیدشان به نحو مطلوب و رضایت بخش کار کنند. تحلیل و طراحی مبتنی بر نظریه ی قابلیت اطمینان، موضوعی است که اخیراً بطور جدی مورد توجه قرار گرفته است. علت این توجه، وجود طبیعت غیر قطعی(تصادفی) پارامترهای طراحی می باشد. در مسائل ژئوتکنیک نیز نامعینی و تغییرپذیری ذاتی در پارامترهای مقاومتی خاک و ضریب زلزله به طور محسوس دیده می شود.

به کمک نظریه ی قابلیت اطمینان، می توان عدم قطعیت های ناشی از طبیعت آماری پارامترهای مختلف را در روند طراحی وارد نمود و احتمال خرابی سیستم سازه ای را مورد مطالعه قرار داد. همچنین می توان ایمنی سازه های موجود را بررسی کرد.

با توجه به بحران آب در کشور، نقش سدها با هدف ذخیره سازی آب و تامین آب شرب مورد نیاز و همچنین جلوگیری از وقوع سیلاب ها و کنترل آن ها، غیر قابل انکار است. سدها را عمدتاً از نظر مصالح مصرفی در آن ها می توان به دو دسته سدهای بتنی و سدهای خاکی و سنگریزه ای طبقه بندی نمود. در این میان سدهای خاکی به علت سهولت اجرا و مصالح طبیعی در دسترس، همواره مورد توجه بسیار قرار گرفته اند. سدها باید با ضریب اطمینان کافی طراحی و اجرا شوند. زیرا هزینه ی اضافی که برای اجرای صحیح و دقت در کار صرف می شود نسبت به هزینه ی کل درصد زیادی را تشکیل نمی دهد، لیکن وقوع حادثه و تخریب سد علاوه بر از بین بردن سرمایه های ملی، باعث خسارات جبران ناپذیر جانی نیز خواهد.

پایداری سدهای خاکی بطور کلی به دو روش صورت می پذیرد :

روش اول استفاده از روش های حدی و فرض سطح گسیختگی بحرانی است که کلیتر و عمومیتر است. در این روش، معمولاً یک سطح گسیختگی آزمایشی در نظر گرفته می شود و مقاومت برشی لازم برای مقابله با لغزش در سطح انتخابی با مقاومت برشی موجود خاک در آن سطح مقایسه و ضریب اطمینان مطابق رابطه ی ۱-۱ بدست می آید. این عمل تکرار می شود تا سطح مربوط به کمترین مقدار ضریب اطمینان تعیین گردد. چنانچه ضریب اطمینان محاسبه شده روی این سطح از حد مجاز بیشتر باشد، می توان به پایدار بودن این دامنه اطمینان داشت. در پیوست ۱ به بررسی روش های موجود پایداری شیروانی پرداخته شده است.

$$\text{ضریب اطمینان} = \frac{\text{مقاومت برشی موجود در خاک در سطح لغزش}}{\text{مقاومت برشی لازم برای مقابله با لغزش}} \qquad ۱-۱$$

روش دوم در بررسی پایداری سد، کاربرد روش های عددی نظیر روش اجزاء محدود است. در این روش، تنش ایجاد شده در هر نقطه از بدنه یا شالوده بر اساس تئوری‌ها و محاسبات الاستیسیته و یا پلاستیسیته تعیین می گردد. کاربرد این روش نسبت به روش اول کمتر است. در پاره‌ای موارد به منظور تکمیل بررسیها در روش اول، از این روش نیز استفاده میشود.[۸]و[۹]